枸杞棉蚜形态和生物学特性研究

严　林[1,*]，郭　蕊[2]，李亚娟[1]，李琳琳[1]，卫琼茹[1]，韩云帮[1]，刘梦瑶[1]，马秀莲[1]

（1. 青海大学农牧学院草业科学系，西宁 810016；2. 咸阳市长武县住房和城乡建设局，陕西咸阳 713600）

摘要：【目的】棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 是一种分布广泛的重要农业害虫，其寄主范围较广。近年发现棉蚜严重为害一种新的寄主植物枸杞 *Lycium barbarum* L.。枸杞是名贵中药材和食物，枸杞上生活的棉蚜的生活史特征尚不清楚。为了更好地预测预报和有效防控枸杞棉蚜，减轻枸杞的受害损失，本研究对栽培枸杞上棉蚜的生物学特性进行了系统研究。【方法】在田间条件下，对青海栽培枸杞树上的棉蚜各蚜型和虫态进行了详细调查，记述了各虫态的形态特征、发育历期、生活史、寄主植物、习性、发生规律及天敌种类。【结果】枸杞树上的棉蚜为害嫩枝梢、叶片、花蕾和果实，引起枸杞果产量和品质严重下降。枸杞棉蚜有 6 种蚜型，即孤雌蚜（有翅型和无翅型）、性母蚜、性蚜（性雄蚜和性雌蚜）和干母蚜，蚜型间的形态有明显差异，可用于区别不同的生活史阶段。枸杞棉蚜原寄主是枸杞，在青海一年发生 10～16 代，以滞育卵在枸杞树干和树枝上越冬，翌年 4 月上中旬开始孵化产生干母，5 月产生无翅孤雌蚜进行孤雌生殖，6 月开始产生有翅孤雌蚜，在田间迁飞扩散，7 月和 8 月田间出现两次蚜虫数量高峰，孤雌蚜一直延续至 9 月，田间开始产生性母蚜、性雄蚜和性雌蚜，在枸杞树上进行有性生殖，10 月中旬是交配、产卵高峰期，随后卵进入滞育越冬。若虫共 4 龄。无翅型若蚜期平均 10.22 ± 3.32 d，有翅型若蚜期平均 9.55 ± 2.53 d；无翅型成蚜寿命平均 10.10 ± 1.07 d，有翅型成蚜寿命平均 8.97 ± 1.34 d；1 代无翅型蚜虫总寿命平均 20.32 ± 6.31 d，有翅型蚜虫总寿命平均 18.52 ± 4.51 d；孤雌蚜繁殖后代中无翅型若蚜数量平均为 17.86 ± 5.66 头/雌，有翅型若蚜数量平均为 15.33 ± 3.76 头/雌。枸杞田捕食和寄生棉蚜的优势天敌有多异瓢虫 *Hippodamia variegata* (Goeze)、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* L.、丽草蛉 *Chrysopa formosa* Brauer 和蚜茧蜂。【结论】枸杞树上棉蚜生活周期为全周期型。与其他寄主上的棉蚜比较，枸杞棉蚜体型更大、发育期更长、繁殖后代个数明显较少。在枸杞树上种群数量一年发生有 2 个高峰期，分别在 7 月和 8 月，有别于前人报道的其他寄主上棉蚜种群数量的 1 个高峰期出现在 5 – 6 月。这些差异可能与棉蚜对枸杞寄主和青藏高原环境产生生态适应性有关，其适应机制需进一步探索。

关键词：棉蚜；枸杞；形态学；生物学；生活史；天敌

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2017)06-0666-15

Morphology and bionomics of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) on Chinese wolfberry (*Lycium barbarum*)

YAN Lin[1,*], GUO Rui[2], LI Ya-Juan[1], LI Lin-Lin[1], WEI Qiong-Ru[1], HAN Yun-Bang[1], LIU Meng-Yao[1], MA Xiu-Lian[1] (1. Department of Grassland Sciences, Collage of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining 810016, China; 2. Housing and Urban and Rural Construction Bureau in Changwu County, Xianyang, Shaanxi 713600, China)

Abstract: 【Aim】The cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), is an important widely dispersed agricultural pest with a wide host plant range. In recent years, it was found that Chinese wolfberry (*Lycium barbarum* L.) is heavily damaged by *A. gossypii* as a new host plant. *L. barbarum*

基金项目：青海省科技厅自然基金项目(2014-ZJ-919)；青海省重大科技专项计划项目(2012-N-A7)；青海省科技支撑计划项目(2009-N-108-02)

作者简介：严林，女，1958 年 11 月生，四川渠县人，博士，教授，研究方向为高原昆虫学，E-mail：870392996@qq.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail：870392996@qq.com

收稿日期 Received：2017-02-13；接受日期 Accepted：2017-05-26

mostly cultivated in the west of China is a rare traditional medicine and food, and the life cycle of *A. gossypii* on *L. barbarum* is still unclear. In this study, the biology and bionomics of *A. gossypii* on cultivated *L. barbarum* were studied in order to provide data for forecasting and managing *A. gossypii* on *L. barbarum*. 【Methods】The morphological characteristics, developmental duration, life cycle, host plants, habits, population dynamics and natural enemy species of *A. gossypii* on cultivated *L. barbarum* plants were investigated under the field conditions in Qinghai Province. 【Results】Both the nymphs and adults of *A. gossypii* directly damage *Lycium* host by sucking the cell sap from shoots, leaves, flowers and fruits. Population outbreaks of this pest lead to huge yield losses and dramatic quality decline of *L. barbarum* fruits. *A. gossypii* on *L. barbarum* host has six aphid types, *i. e.*, virginoparae (apterous and alate parthenogenetic viviparous females), winged gynoparae, sexuparae (alate male and oviparous apterous female) and fundatrix, with significantly different external morphological characteristics which can be used to distinguish different life stages of this aphid. The original host for the aphid is *Lycium* vegetation. This aphid is polyvolitine (10 – 16 generations/year) in Qinghai-Tibet Plateau. The diapause eggs overwinter on trunk and twig of *Lycium* plants, and the fundatrix emerge from eggs in the next April. Apterous parthenogenesis aphids were often observed in early May, whereas winged aphids occur in June and migrate in *Lycium* fields. The viviparous stage ranges from May to September, and virginopara begin to produce sexual winged female aphids, alate males and apterous oviparous females. Mating and copulating, and oviposition on trunk and twig of *Lycium* plants were often observed in October. *A. gossypii* has four nymphal instars on *Lycium* plants. The average nymphal durations last 10.22 ± 3.32 and 9.55 ± 2.53 d, the average adult longevities are 10.10 ± 1.07 and 8.97 ± 1.34 d, the average entire life spans 20.32 ± 6.31 and 18.52 ± 4.51 d, and the average fecundities 17.86 ± 5.66 and 15.33 ± 3.76 nymphs per female for apterous and alate virginoparae, respectively. The main predators and natural enemies for *A. gossypii* include *Hippodamia variegata* (Goeze), *Coccinella septempunctata* L., *Chrysopa formosa* Brauer and *Aphidius* sp. in *Lycium* fields. 【Conclusion】*A. gossypii* has a holocyclic life cycle on *Lycium* host. Its body size on *Lycium* host is bigger than that on other host plants, total developmental duration longer and fecundity less. Its population quantity on *Lycium* host has two peaks in August and September, respectively, instead of one peak on other hosts in May to June as found in the previous research. These differences may be related to the ecological adaptability of *A. gossypii* to *Lycium* host and the Qinghai-Tibet plateau environments. However, the adaptive mechanisms need further exploration.

Key words: *Aphis gossypii*; *Lycium barbarum*; morphology; biology; life cycle; natural enemy

棉蚜 *Aphis gossypii* Glover（半翅目：蚜科）是一种世界性的、多食性害虫，其寄主种类超过 600 种植物（Lombaert *et al.*, 2009）。棉蚜在广泛的寄主中，由于长期对寄主的适应，形成了多种寄主专化型，或称生态专化型（ecological specialization），或称寄主宗（host race），或称生物型（biotypes）（刘向东等，2004；Carletto *et al.*, 2009；Satar *et al.*, 2013）。生活在不同寄主上或不同生物型的棉蚜在形态特征、生活史特征、生态参数以及遗传特性等方面都存在显著差异（Inaizumi, 1981；Perng, 2002；刘向东等，2004；Carletto *et al.*, 2009；Li *et al.*, 2016），如刘向东等（2004）认为棉花型和瓜型棉蚜存在明显的形态分化和生态分化，用 7 个形态指标与体长的比值可将瓜型和棉花型棉蚜区分开；在 24℃ 和 26℃ 下瓜型蚜的净增殖率极显著地高于棉花型蚜。Carletto 等（2009）认为利用不同寄主的棉蚜遗传组成差异明显。Li 等（2016）对中国北方棉蚜寄主专化的生物型研究发现，不同生物型棉蚜在不同的寄主上其适合度、染色体序列有显著差异。Perng（2002）对饲养在 4 种杂草上的棉蚜进行了观察，发现每种寄主植物对棉蚜生活史特征和生态参数都有显著影响。饲养在龙葵 *Solanum nigrum* L. 上的棉蚜发育期最短，内禀增长率最高，而阔叶丰花草 *Spermacoce latifolia* Aubl. 上的棉蚜发育期最长，内禀增长率最低。

枸杞为茄科（Solanaceae）枸杞属 *Lycium* 落叶灌木植物。枸杞是我国传统的名贵中药材，越来越多的人将其用作保健食品。同时枸杞也是固沙造林、改良盐碱土壤的优良树种。近年来，随着国内和出口市场对枸杞需求的增长，我国西部生态环境治理

的需要,在中国西部荒漠半荒漠地区枸杞产业迅猛发展,宁夏栽培枸杞 *Lycium barbarum* L. 在宁夏、青海、甘肃、内蒙和新疆等地区种植面积迅猛扩大(超过 20 万 hm^2),枸杞的病虫害呈上升趋势,其中重要害虫棉蚜,可在枸杞产区短期内暴发成灾,对枸杞树和鲜果产量造成灾害性危害,现今很难用化学药剂降低其种群数量。目前国内外对棉花、瓜类以及其他一些寄主植物上棉蚜的生物学研究资料较为丰富(Ullah, 1980; Inaizumi,1981; Ebert and Cartwright, 1997; Satar *et al*., 1999; 刘向东等, 2004; 李进步等, 2007; 高雪和刘向东, 2008; 邓先明, 2008; Patil and Patel, 2013; Aheibam *et al*., 2015),迄今为止尚未见以枸杞为寄主的棉蚜生物学特性的完整研究报道,同样对棉蚜在高海拔地区的生物学生态学特性缺乏了解。棉蚜的形态有初步研究(张润志和张蓉, 2016),我们调查发现棉蚜是青海枸杞林最重要的害虫之一(郭蕊, 2012)。开展枸杞棉蚜生物学特性, 包括形态、生长发育、生活周期、生活史以及各发育阶段的习性与行为等研究,将有助于了解其特有的生活史,为预测预报和研发有效的管理措施提供依据。对探讨枸杞寄主上棉蚜的理论问题,如生物型鉴定、对枸杞寄主及高海拔环境的生态适应机制也具有重要意义。为此,从 1999 年以来,我们对青海枸杞棉蚜进行了一系列研究(郭蕊, 2012; 李亚娟, 2016),现就枸杞寄主上棉蚜的形态和生物学特性研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 研究地点概况

枸杞棉蚜的生物学特性的系统观察在田间条件下进行。观察点设置在青海枸杞主产区诺木洪农场,位于诺木洪农场农业科学研究所的试验基地内和农场一大队枸杞田。诺木洪地区属内陆极干旱高寒气候,年平均气温 3.7℃,年平均降水量 50 mm, 6-8月份是一年中的主要降水时期,年蒸发量 2 000~2 500 mm,年日照时数3 182.4 h。枸杞整个生育期平均气温为 12.5℃,≥0℃积温为2 427.4℃,平均日较差为 14.8℃,平均相对湿度 34%,日照时数为1 557.6 h(祁贵明等, 2009)。农业科学研究所的试验样地海拔2 760 m,36°26′28.3″N,96°25′37.5″E;农场一大队试验地海拔2 772 m,36°26′05.3″N,96°29′49.2″E。样地的栽培枸杞品种多数是宁夏枸杞的‘宁杞 1 号’,少量‘宁杞 7 号’,1~6 年树龄,株行距 1 m×2.5 m。

辅助观察试验样地位于西宁市青海大学农牧学院试验基地,海拔 2 310 m,36°43′22.4″N-36°43′36.1″N,101°44′38.7″E-101°44′43.2″E。样地种植的枸杞品种是宁夏枸杞的‘宁杞 1 号’0.8 hm^2,‘宁杞 7 号’0.2 hm^2,1~6 年树龄,株行距 1 m×2.5 m。

用于形态学观察的枸杞棉蚜标本采自于青海枸杞主产区,都兰(海拔2 942 m,36°08′0.6″N,97°43′57.0″E)、乌兰(海拔2 956 m,36°59′17.5″N,98°14′10.9″E)、诺木洪、格尔木(海拔2 817 m,36°22′59.4″N,94°59′69.3″E)、德令哈(海拔2 906 m,38°18′46.5″N,97°13′40.4″E)和西宁的栽培枸杞树上。

其他室内实验在青海大学草地保护实验室进行。

1.2 蚜虫形态特征观察

2009 年 10 月-2015 年 12 月,在青海栽培枸杞分布地,都兰、乌兰、诺木洪、格尔木、德令哈和西宁各地分别采集健康枸杞棉蚜活虫 20~50 头,分别放入装有 100% 酒精的玻璃瓶中固定,带回西宁青海大学实验室,放入低温冰箱(-40℃)中备用。按照文礼章(2010)的方法制作玻片标本, XZX71-Olympus 体视显微镜和 CX31-3202-Olympus 显微镜下观察蚜虫各虫态的颜色和形状,测定各蚜型的主要形态特征,并记录,采用奥林巴斯显微镜成像系统拍照。棉蚜有翅孤雌蚜、无翅孤雌蚜、性母蚜、性雄蚜、性雌蚜、干母等蚜型的鉴定以及若虫虫龄的判断依据郭蕊(2012)、赵惠燕等(1994)以及 Inaizuni 和 Takahashi(1989, 1990)的方法确定。

棉蚜种类确定,各地采集的枸杞蚜虫标本于 2009 年送至中国科学院动物研究所乔格侠研究员处进行形态学鉴定,2013 年又送标本至南京农业大学刘向东教授处进行 DNA 分子标记鉴定,鉴定结果表明 95% 以上的标本为棉蚜,很小部分为桃蚜 *Myzus persicae* Sulzer。根据张广学(1999)编著的《西北农林蚜虫志》描述的特征,在形态上非常容易区别两个物种。

1.3 蚜虫越冬虫态、越冬场所和越冬寄主调查

11 月至翌年 3 月,在诺木洪农场试验田、周边区域及温室,西宁地区枸杞栽培田及其周边区域、冬季温室大棚等地点进行调查。首先确定枸杞调查点植物的种类,然后每种植物随机选取 30 株,观察并详细记录每种植物上棉蚜卵的分布情况。每点随机采集蚜虫卵 30 粒,分别放入装有 100% 酒精的玻璃瓶中固定,带回西宁青海大学实验室,放入

低温冰箱（-40℃）中备用。在随机调查的基础上，定点调查枸杞树上棉蚜卵的孵化情况。记录枸杞棉蚜越冬寄主种类、越冬虫态，数量（头（粒）/株）。采集的枸杞田各寄主植物上的棉蚜卵样品，通过 DNA（COI）条形码分子技术进行卵的种类鉴别（另文发表），鉴定结果全部为棉蚜种类。实验方法参考 Foottit 等（2008）介绍的方法，引物使用 LepF 和 LepR。

1.4　枸杞蚜虫的生活史和各蚜型生活习性野外观察

1.4.1　定株观察：于 2009 年 10 月 -2012 年 3 月，2014 年 1 月 -2016 年 3 月，在上述系统调查点各选择 3 块枸杞田，每块枸杞试验田单对角线 2 点取样，每点固定 2 株枸杞树挂牌标记，定期系统调查，冬季（11 月 - 翌年 3 月）每隔 1 月调查一次，春季（4 -5 月上旬）和秋季（9 -10 月）每隔 5 d 调查一次，夏季（5 月中旬 -8 月）每隔 1 d 调查一次。每株按东、南、西、北的上方位（树冠上部 1/3）固定一枝树梢，沿枝条罩 60 目小纱笼防止蚜虫迁入迁出或避免天敌干扰试验，每梢在 4 月接种 1 头刚孵出的干母，定期调查处理树梢的棉蚜发育情况，记录各时期虫态、蚜型、发育阶段、繁殖虫数、死亡虫数等。每点一株树观察蚜虫成虫寿命和繁殖个数，成虫产仔后，每天做完记录，用小楷毛笔去除若虫，仅留成虫，观察成活天数和繁殖后代数量。另一株树观察蚜虫世代数，在每代成虫刚开始产若蚜、记录后去除成蚜和多余的若蚜，仅留 10 头若蚜进行后续观察。将部分移除的成蚜 3 个分别接入另一株试验树无虫枝条的嫩稍上，挂牌，沿枝条罩 60 目小纱笼，观察成虫繁殖、寿命方法同前。

1.4.2　田间罩笼隔离观察：每年 5 月初在枸杞田做木棍大支架 2 个，用于观察棉蚜无翅蚜虫种群数量，有翅蚜迁飞扩散习性及各虫态行为。每个大支架长 × 宽 × 高 = 15 m×4 m×1.6 m，可罩住 1 行 7 株枸杞树。在 2 个支架上分别覆盖 60 目的尼龙白纱网，纱网接触地面边留出 0.5 m 长，长出部分用土覆盖紧，使其成为密封的纱网空间，纱网侧面开门，高 × 宽 = 1.3 m×1.5 m，门两侧用拉链密封。网内枸杞树在罩笼前，4 月上旬经过生物药剂（1.5% 除虫菊素 EW + 10% 溴氰虫酰胺 DOSE + 0.3% 苦参碱 TK）处理，排除其他病虫草害和天敌干扰。纱网罩笼处理的枸杞田间管理与未处理的大田管理一致。在 5 月初，两个纱网内分别接入 1 头干母，端部受蚜虫为害后，生长点受到破坏停滞生长，枝条每天进行观察，记录活蚜虫数、无翅蚜虫数和有翅蚜虫数，无翅蚜、有翅蚜扩散情况。试验直到 9 月底结束。

1.5　田间条件下棉蚜种群季节动态调查

2011 年和 2015 年在诺木洪 2 个系统调查点，各选择有代表性的枸杞田 3 块，每块枸杞试验田单对角线 5 点取样，每点固定 1 株枸杞树挂牌标记，定期（每隔 5 d 调查一次）系统调查，每株按东、南、西、北方向的树冠上中下 3 个方位各固定 1 个枸杞枝条，定期调查挂牌标记的枝条上棉蚜的各蚜型数量、活蚜虫数、天敌数、天敌种类并记录。

气象资料来源距研究点 500 m 处的诺木洪气象站观测点的数据。

1.6　天敌调查

每次田间种群季节动态系统调查枸杞棉蚜的同时，进行其天敌种类和数量调查。寄生性天敌以僵蚜表示，僵蚜取样点和取样方法与蚜虫相同，每次查完后抹掉；瓢虫类、食蚜蝇、草蛉和蜘蛛类，每块田随机取 5 点，每点查 3 株树，用目测、拍打方法调查。不能识别种类，采集做成针插标本或放入装有 70% 的酒精瓶中做成浸渍标本，带回西宁实验室鉴定。部分标本进行了 DNA（COI）条形码分子鉴定，方法与 1.3 节中卵的鉴定方法相同。

1.7　数据统计分析

本研究所有数据的统计分析均采用 SPSS 24.0 版软件。根据测定的各项形态指标以及各项生物学指标分别计算均值和标准误。

2　结果

2.1　分布与为害

枸杞棉蚜主要为害茄科（Solanaceae）枸杞属 *Lycium* 的植物。棉蚜对宁夏枸杞 *L. barbarum* L. 为害最重，对新疆枸杞 *L. dasystemum* Pojark、红枝枸杞 *L. ruthenicum* var. *rubrucaulium* A. M. Lu 和北方枸杞 *L. chinense* Mill var. *potaninii* Pojark 为害较轻。棉蚜广泛分布于中国枸杞种植区，如宁夏、青海、甘肃、内蒙、新疆、河北等地。棉蚜在青海枸杞种植区均有分布，以柴达木盆地区栽培枸杞田的棉蚜发生最重。

棉蚜常以成蚜和若蚜群集在枸杞树幼嫩枝条枝梢（图 1：A）、叶片背面、花蕾、幼果等部位吸取汁液为害，造成受害枝梢叶曲缩。枸杞是无限花序，枝梢不再发育花蕾、开花和结果。受害严重的叶片呈油



图 1 棉蚜为害枸杞状

Fig. 1 *Aphis gossypii* infesting *Lycium barbarum*

A：为害枝梢 Attacked terminal shoots；B：受害叶片枯黄 Damaged twigs and foliage；C：为害青果 Attacked fruitlet；D：受害红果 Damaged mature fruits；E：健康鲜果 Healthy mature fresh fruits.

渍状、表面发亮，因叶绿素遭到破坏叶片逐渐枯黄（图 1：B），植株树势衰弱、生长缓慢，现蕾期推迟 7～10 d。受害花蕾易枯死、脱落。棉蚜为害后期，枸杞树落叶、落花、落果较重，枸杞果产量也因此下降 1/5～4/5。棉蚜特别喜食幼果（青果，图 1：C），受害幼果成熟时不能正常膨大，蚜虫分泌的糖蜜和脱下的蜕污染成熟红果表面（图 1：D），使其难于采摘和加工，加工后的受害干果色泽发黑，引起枸杞干果品质严重下降，使其商品价值下降至 2/3 以下。棉蚜特别适应柴达木盆地的气候，在较短时间内就可在栽培枸杞园暴发成灾，因此，在青海栽培枸杞产区棉蚜已成为引起枸杞产量产值下降的最重要害虫。

2.2 形态特征

枸杞树上的棉蚜一共有 3 个虫态，即成虫、卵和若虫。成虫和若虫又分为 6 种蚜型，即孤雌蚜（有翅型和无翅型）、性母蚜、性蚜（性雄蚜和性雌蚜）和干母蚜；由于干雌蚜属于孤雌蚜的第 1 代，形态特征没有太大区别，将其归入孤雌蚜。

2.2.1 卵：平均卵长 0.56 ± 0.031 mm、卵宽 0.31 ± 0.009 mm（平均值 ± 标准误）。椭圆形，两端略窄，黑色有光泽。初产时橙黄色、绿色，后变漆黑色（图 2：A）。

2.2.2 干母：平均体长 1.55 ± 0.053 mm，宽卵圆形，深绿色。触角 5 节，较短，触角/体长比值 ≤ 0.50。无翅。腹管较无翅孤雌蚜短（图 2：B）。

2.2.3 无翅孤雌蚜（无翅胎生雌蚜）：平均体长 1.67 ± 0.049 mm，体色黄绿或绿色或深绿色。触角 6 节，绿色，触角/体长比值 < 0.60，第 3 节无次生感觉孔，第 5 节端部和第 6 节黑褐色。无翅。腹部末端有一对较长的黑褐色腹管；尾片青绿色，舌头状，两侧有刚毛 2 对［图 2：C；图 2：D（玻片标本）］。无翅孤雌蚜成虫的形态数量特征见表 1。

2.2.4 有翅孤雌蚜（有翅胎生雌蚜）：平均体长 1.81 ± 0.052 mm，体较大。体黄色、浅绿色，复眼黑紫色或暗红色；触角 6 节，触角/体长比值 < 0.60，触角黑褐色，第 3 节有圆形次生感觉圈 6～9 个排成一列。头和前胸背板黑色。有翅 2 对。腹部背面两侧有 3～4 对黑斑。腹管暗黑色，圆筒形（图 2：E）。有翅孤雌蚜成虫的形态数量特征见表 1。

2.2.5 有翅性母蚜：平均体长 1.65 ± 0.035 mm。触角 6 节，较长，触角/体长比值 > 0.60，次生感觉孔



图 2　枸杞棉蚜卵和成虫形态

Fig. 2　Morphology of eggs and adults of *Aphis gossypii* on *Lycium barbarum*

A：卵 Eggs；B：干母 Fundatrix；C：无翅孤雌蚜成虫和 1 龄若虫 Adult of apterous viviparous female and the 1st instar nymph；D：无翅孤雌蚜成虫玻片标本 Specimen of apterous viviparous female mounted on slide；E：有翅孤雌蚜 Alate viviparous female；F：无翅性雌蚜玻片标本 Specimen of apterous oviparous female mounted on slide；G：性蚜 Mating aphids. 1：有翅性母蚜玻片标本 Specimen of winged gynopara (mother of mating aphid) mounted on slide；2：有翅性雄蚜玻片标本 Specimen of alate male mounted on slide；H：正产卵的无翅性雌蚜 Apterous oviparous female laying eggs.

布满第 3 节(13 ~ 22 个)和第 4 节(8 ~ 19 个)触角。头和前胸背板黑色。复眼大、突出。有翅 2 对。腹部圆柱形，浅褐色，腹末端较尖。体背骨化斑纹较明显，腹部背片各节中央均有 1 条深褐色横带(图 2：G：1)。有翅性母蚜成虫的形态数量特征见表 1。

2.2.6　有翅性雄蚜：平均体长 1.43 ± 0.089 mm，体较短小。触角 6 节，较长，触角/体长比值 > 0.60，第 3 节有次生感觉圈 8 ~ 9 个，第 4 节仅有 1 个次生感觉圈。头和前胸背板黑色。复眼大、突出。有翅 2 对。腹部桃形，黄色或浅绿色，腹部末端具有抱握器。腹管较短，尾片常有毛 2 对(图 2：G：2)。有翅性雄蚜成虫的形态数量特征见表 1。

2.2.7　无翅性雌蚜(卵生性雌蚜)：平均体长 1.40 ± 0.053 mm，体梭形，体较小，墨绿色至蓝绿色(图 2：H)。触角 5 ~ 6 节，较短，触角/体长比值 < 0.55，黑褐色。无翅。后足胫节略膨大。腹管较短。在玻片标本中，无翅性雌蚜腹内常具有黑色长椭圆形卵囊(图 2：F)。无翅性雌蚜成虫的形态数量特征见表 1。

2.2.8　无翅孤雌蚜若蚜：体长 0.55 ~ 1.45 mm，体长卵圆形。1 龄若虫体色白色透明至黄绿色，大龄若虫绿色，复眼红色，触角短，4 ~ 6 节，触角/体长比值≤0.60，经 4 次脱皮变为无翅胎生雌成蚜。1 – 4 龄若蚜的形状基本相似，为长椭圆形，见图 3(A)。无翅孤雌若蚜的形态数量特征见表 1。1 龄若蚜触

角 4 节,较易识别。2 龄以后根据体长、触角长及腹管长度就可区别。

2.2.9 有翅孤雌蚜若蚜: 体长 0.65 ~ 1.80 mm,体梭形,体色黄色或黄绿色。头部似长颈状突出、腹部尾端尖,触角短、4 ~ 6 节,触角/体长比值≤0.60,胸部两侧翅芽黄色或黄绿色。若虫共 4 个虫龄,经第 4 次脱皮后成为有翅胎生雌蚜。若虫各龄形态数量特征见表 1。翅芽与体色相同,是区别有翅性蚜性母蚜若虫的识别特征。1 龄若虫无翅芽,触角 4 节,体色白色或浅绿色,体型瘦长,易识别。2 龄若虫开始有翅芽痕迹,但翅芽不突起体表;3 龄若虫 2 个翅芽分离、凸出体表似 2 个小泡;4 龄若虫前翅翅芽较长全部覆盖住后翅翅芽。1 - 4 龄若蚜的形态见图 3(B)。

2.2.10 有翅性母蚜若蚜: 体长 0.60 ~ 1.65 mm,体色淡绿偏褐色。头黑色,触角长,6 节,触角/体长比值≤0.60。头部短颈状,腹部尾端较尖。胸部两侧翅芽黑褐色,明显与体色不同。4 龄若虫背部出现少量黑褐斑。若虫共 4 个虫龄,经第 4 次脱皮后成为有翅性母蚜。若虫共 4 个虫龄,2 - 4 龄若蚜区别特征与有翅孤雌蚜若蚜的相同。有翅性母蚜若蚜的形态见图 3(C: 13)。若虫各龄形态数量特征见表 1。

2.2.11 有翅性雄蚜若蚜: 体长 0.70 ~ 1.43 mm,体较小,体色深绿色。体型宽、腹部后部最宽,腹末端较平截,如图 3(C: 12)。头黑色,触角长,4 ~ 6 节,触角/体长比值 0.46 ~ 0.63。胸部两侧翅芽黑褐色,明显与体色不同。若虫共 4 个虫龄,经第 4 次脱皮后成为有翅性雄蚜。1 - 4 龄若虫区别特征与有翅孤雌蚜若蚜的相同。有翅性雄蚜若蚜的形态见图 3(C: 10 - 12)。若虫各龄形态数量特征见表 1。

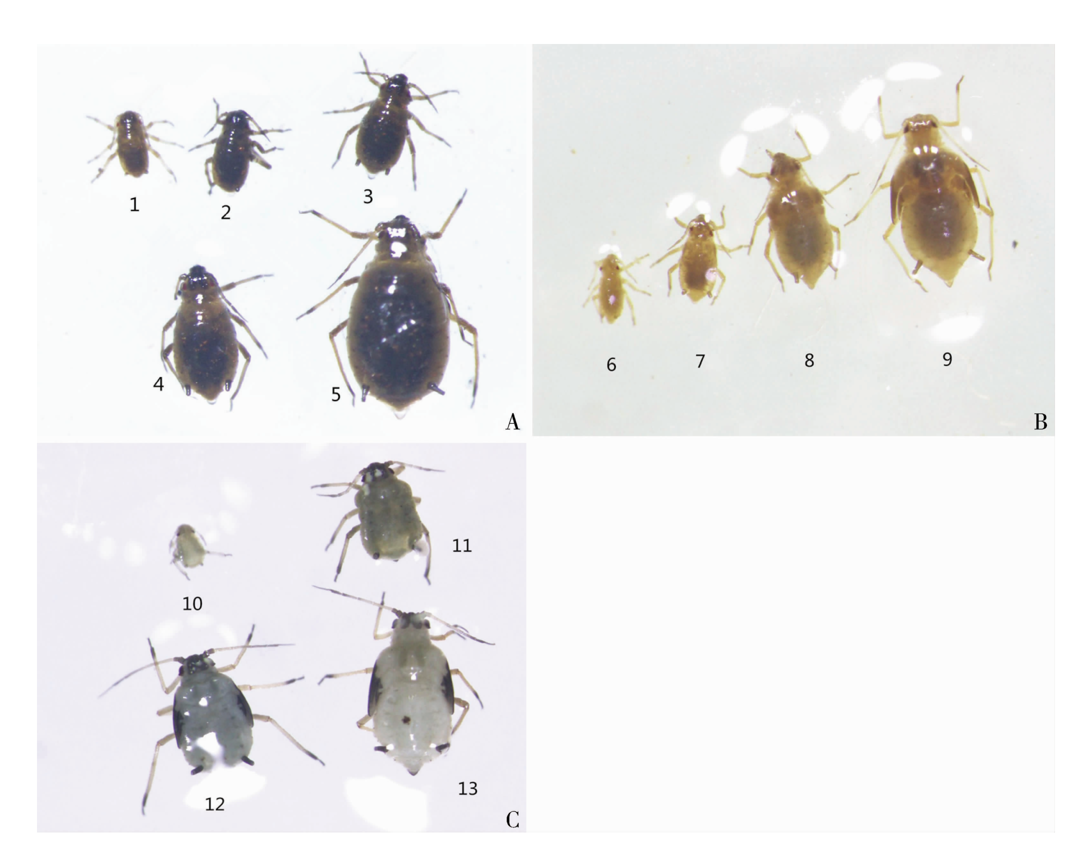


图 3 枸杞棉蚜若虫形态

Fig. 3 Morphology of *Aphis gossypii* nymphs on *Lycium barbarum*

A: 无翅孤雌蚜 Apterous viviparous female. 1: 1 龄若虫 1st instar nymph; 2: 2 龄若虫 2nd instar nymph; 3: 3 龄若虫 3rd instar nymph; 4: 4 龄若虫 4th instar nymph; 5: 成虫 Adult. B: 有翅孤雌蚜 Alate viviparous female. 6: 1 龄若虫 1st instar nymph; 7: 2 龄若虫 2nd instar nymph; 8: 3 龄若虫 3rd instar nymph; 9: 4 龄若虫 4th instar nymph; C: 若虫 Nymph. 10, 11, 12: 分别为有翅性雄蚜 1,3 和 4 龄若蚜 1st, 3rd, 4th instar nymph of alate male, respectively; 13: 有翅性母蚜 4 龄若虫 4th instar nymph of winged gynopara.

表 1　枸杞棉蚜若虫和成虫形态数量特征

Table 1　Morphometric features of nymphae and adults of *Aphis gossypii* on *Lycium barbarum*

蚜型 Aphid type	虫龄 Developmental stage	触角节数 Number of antennal segments	体长(mm) Body length	体宽(mm) Body width	头宽(mm) Head width	触角长(mm) Antennal length	腹管长(mm) Cornicle length	触角长/体长 Antennal length/body length
无翅孤雌蚜 Apterous viviparous female	1 龄若虫 1st instar nymph	4	0.55 ±0.007	0.25 ±0.004	0.22 ±0.001	0.28 ±0.005	0.04 ±0.001	0.51
	2 龄若虫 2nd instar nymph	5	0.80 ±0.011	0.35 ±0.008	0.28 ±0.002	0.43 ±0.007	0.06 ±0.003	0.54
	3 龄若虫 3rd instar nymph	5 - 6	1.25 ±0.012	0.65 ±0.011	0.32 ±0.005	0.64 ±0.019	0.12 ±0.007	0.51
	4 龄若虫 4th instar nymph	6	1.45 ±0.028	0.80 ±0.015	0.35 ±0.009	0.73 ±0.021	0.18 ±0.012	0.50
	成虫 Adult	6	1.67 ±0.049	0.92 ±0.018	0.38 ±0.017	0.93 ±0.043	0.22 ±0.023	0.56
有翅孤雌蚜 Alate viviparous female	1 龄若虫 1st instar nymph	4	0.65 ±0.010	0.30 ±0.005	0.20 ±0.001	0.32 ±0.002	0.04 ±0.001	0.49
	2 龄若虫 2nd instar nymph	5	0.90 ±0.012	0.40 ±0.007	0.24 ±0.001	0.47 ±0.003	0.07 ±0.002	0.52
	3 龄若虫 3rd instar nymph	5 - 6	1.35 ±0.015	0.65 ±0.013	0.32 ±0.002	0.68 ±0.004	0.11 ±0.003	0.50
	4 龄若虫 4th instar nymph	6	1.55 ±0.022	0.84 ±0.018	0.35 ±0.004	0.77 ±0.007	0.16 ±0.004	0.50
	成虫 Adult	6	1.80 ±0.052	0.92 ±0.022	0.36 ±0.011	0.99 ±0.012	0.18 ±0.014	0.55
性母蚜 Gynopara	1 龄若虫 1st instar nymph	4	0.60 ±0.005	0.25 ±0.003	0.25 ±0.001	0.30 ±0.002	0.02 ±0.001	0.50
	2 龄若虫 2nd instar nymph	5	0.90 ±0.007	0.41 ±0.005	0.33 ±0.002	0.48 ±0.003	0.03 ±0.002	0.53
	3 龄 3rd instar nymph	5 - 6	1.30 ±0.011	0.70 ±0.009	0.34 ±0.002	0.65 ±0.007	0.10 ±0.005	0.50
	4 龄若虫 4th instar nymph	6	1.59 ±0.018	0.86 ±0.013	0.36 ±0.002	0.90 ±0.012	0.14 ±0.007	0.57
	成虫 Adult	6	1.65 ±0.035	0.75 ±0.024	0.38 ±0.009	1.19 ±0.014	0.20 ±0.009	0.72
性雄蚜 Oviparous male	1 龄若虫 1st instar nymph	4	0.70 ±0.005	0.30 ±0.003	0.25 ±0.001	0.32 ±0.005	0.02 ±0.001	0.46
	2 龄若虫 2nd instar nymph	5	0.93 ±0.008	0.42 ±0.005	0.33 ±0.003	0.48 ±0.008	0.03 ±0.003	0.52
	3 龄若虫 3rd instar nymph	6	1.12 ±0.012	0.50 ±0.013	0.34 ±0.005	0.65 ±0.011	0.08 ±0.005	0.58
	4 龄若虫 4th instar nymph	6	1.33 ±0.024	0.67 ±0.025	0.35 ±0.009	0.91 ±0.023	0.11 ±0.005	0.68
	成虫 Adult	6	1.43 ±0.089	0.65 ±0.034	0.36 ±0.026	1.08 ±0.059	0.14 ±0.007	0.76
性雌蚜 Oviparous female	成虫 Adult	5 - 6	1.40 ±0.053	0.75 ±0.059	0.32 ±0.010	0.71 ±0.066	0.09 ±0.014	0.51

表中数据为平均值 ± 标准误。Data in the table are mean ± *SE*.

2.2.12　无翅性雌蚜若蚜：体长 0.55 ~ 1.30 mm，体较小，体色深绿色至墨绿色。体型梭形，腹部末端较尖。头部黑色，触角较短，4 ~ 5 节，触角/体长比值 <0.55。胸部两侧无翅芽。

2.3 生活史

2.3.1 生活周期：经过多年的调查，发现棉蚜在枸杞树上，一年中有世代交替现象，春季和夏季在枸杞树上持续孤雌生殖，秋季在枸杞树上实行两性生殖，在枸杞树上产卵越冬，因此，生活在枸杞树上的棉蚜生活周期为同寄主全周期型。

2.3.2 生活史：棉蚜在青海枸杞树上一年发生 10（西宁）~16（诺木洪）代，而且世代重叠。主要以卵在枸杞树上越冬，少数在田间枯叶，或田间杂草上越冬。每年 4 月，深绿色棉蚜干母开始从卵中孵出生长发育，5 月初干母在枸杞嫩叶上胎生第 1 代浅绿色无翅孤雌蚜（也称干雌），连续在枸杞树上营孤雌生殖 1 ~2 代后密度增高，5 月下旬 –6 月上旬开始产生有翅蚜（侨迁蚜）在枸杞田间迁飞扩散，有翅蚜迁飞到新的枸杞树上产生无翅蚜继续孤雌生殖，循返往复 10 代后，8 月棉蚜密度大时，有翅无翅孤雌蚜可扩散至田间杂草上为害植物，9 月枸杞树上产生大量有翅性母蚜，在田间迁飞，10 月产生大量有翅性雄蚜和无翅性雌蚜进行有性生殖，在枸杞树干上进行交配、产卵越冬。枸杞蚜虫年生活史见表 2。

表 2 枸杞蚜虫年生活史（青海诺木洪）

Table 2 Life history of *Aphis gossypii* on *Lycium barbarum* in Nuomuhong, Qinghai

生殖方式 Reproduction mode	发育阶段 Developmental stage	月份 Month 1 –3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		F M L	F M L	F M L	F M L	F M L	F M L	F M L	F M L	F M L	F M L
两性生殖 Gamogenesis	越冬卵 Overwintering egg	●●●	●						●●	●●●	●●●
孤雌生殖（无性生殖）Partheno-gernesis (agamogenesis)	干母 Hundatrix		○○	○							
	干雌 1st generation viviparous female		⊙⊙								
	无翅孤雌蚜 Apterous viviparous female			□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□		
	有翅孤雌蚜 Alate viviparous female			■	■■■	■■■	■■■	■			
两性生殖 Gamo-genesis	性母蚜 Gynopara							△△△	△		
	性雄蚜 Oviparous male							▲	▲▲▲		
	性雌蚜 Oviparous female							◎	◎◎◎	◎	
枸杞物候期 Phenological period of *L. barbarum*		休眠期 Dormancy	萌芽期 Sprout	展叶期 Leafing	开花期 Anthesis	幼果期 Fruitlet	果熟期 Fruit mature	果熟期 Fruit mature	落叶期 Leaf falling	休眠期 Dormancy	休眠期 Dormancy

●：越冬卵 Overwintering egg；○：干母 Hundatrix；⊙：干雌 1st generation viviparous female；□：无翅孤雌蚜 Apterous viviparous female；■：有翅孤雌蚜 Alate viviparous female；△：有翅性母蚜 Alate gynopara；▲：有翅性雄蚜 Alate male；◎：无翅性雌蚜 Apterous oviparous female. F：上旬 The first ten days of a month；M：中旬 The middle ten days of a month；L：下旬 The last ten days of a month.

2.4 寄主植物

枸杞树上的棉蚜原生寄主就是枸杞植物，常见次生寄主多为田间杂草，如豆科植物黄芪 *Astragalus membranaceus*（Fisch.）Bge.、紫花苜蓿 *Medicago sativa* L.、菜豆 *Phaseolus vulgaris* L.、毛苕子 *Vicia villosa* Roth、箭筈豌豆 *Vicia sativa* L. 等，藜科植物灰绿藜 *Chenopodium glaucum* L.、藜 *Chenopodium album* L. 等，十字花科的独行菜 *Lepidium latifolium* L.，锦葵科的野葵 *Malva verticillata* L. 等，在 7 –9 月枸杞树棉蚜密度高时，部分孤雌蚜扩散到枸杞树附近的杂草上，以灰绿藜杂草棉蚜数量最多，其次豆科植物上较多。在寄主转接试验中，发育最好、死亡率低、繁殖率高的寄主植物仍是枸杞（另文发表）。

越冬寄主植物有枸杞、灰绿藜和藜、紫花苜蓿、野葵等。越冬主要寄主是枸杞树。邻近枸杞树的其他植物上也分布有少量的越冬卵。在野葵上棉蚜卵主要分布在下部主干之间，花托基部叶柄上也少量存在。在藜和灰绿藜上棉蚜卵主要分布在节结处，分叉处有少量的卵。紫花苜蓿的茎干分叉处和荚果上也有少量的棉蚜卵。在枸杞树上的越冬卵存活率不高，大多数卵经过漫长严寒的冬季后都干瘪了，卵越冬后的饱满率为 15% ~30%，干母孵化率仅为

0.59% ~3.5%。枸杞树附近的其他植物上也分布有少量的越冬卵，但是卵越冬后的饱满率很低，约为0.29%，孵化率为零。

2.5　发生规律和习性

2.5.1　卵：无翅性雌蚜产卵，在枸杞树干上散产或堆产，1 个性雌蚜约产 40 ~70 粒卵。卵主要产于枸杞树的下部主干上，或树枝的背光面、节眼和斑痕处，枝干分叉处以及凹陷处，裂缝处，树的下部卵分布较多。卵初期为橙黄色，逐渐变为绿色，0.5 ~1 d 后变为漆黑色（图 2：H）。产卵盛期在 10 月中下旬。

2.5.2　干母：每年 4 月（西宁是 4 月上旬，诺木洪为 4 月中下旬）干母从卵中孵出，爬到枸杞树叶芽处吸食嫩叶的汁液生长，若虫期到成虫孤雌生殖前，干母爬行活动较少，位置较固定，直到 5 月初成虫开始无性繁殖后，活动范围扩大，可通过爬行在树间扩散。

2.5.3　干雌：5 月初至 5 月中旬，干母孤雌生殖的第一代无翅孤雌蚜。干雌主要发生在嫩稍和嫩叶部分。

2.5.4　孤雌蚜：干雌的后代，从 5 –8 月一直营孤雌生殖约 6 ~12 代。5 月下旬至 6 月中旬主要以无翅孤雌蚜为害枸杞叶片，当无翅孤雌蚜布满枝梢时，开始产生有翅孤雌蚜（6 月初，第 2 –3 代孤雌蚜）在枸杞田间树间进行扩散，树内主要以无翅孤雌蚜爬行进行扩散。在柴达木盆地，一年中枸杞棉蚜无翅孤雌蚜发生高峰期有两个，分别发生在 7 月上中旬、8 月中下旬 –9 月上中旬；有翅蚜出现高峰期也有两个，第一个高峰最大，出现在 7 月中旬，8 月下旬出现一个小高峰。7 月，孤雌蚜主要为害幼果（青果）、花蕾和嫩枝叶。8 月，棉蚜大部分为害果枝条的叶片、幼果和成熟的红果，一小部分在树下分蘖枝条的嫩枝叶和嫩稍上为害。9 月天气变冷，枸杞棉蚜数量进入消退期，棉蚜生长缓慢，孤雌蚜数量大幅下降。枸杞棉蚜在诺木洪枸杞田的种群数量季节动态规律如图 4。

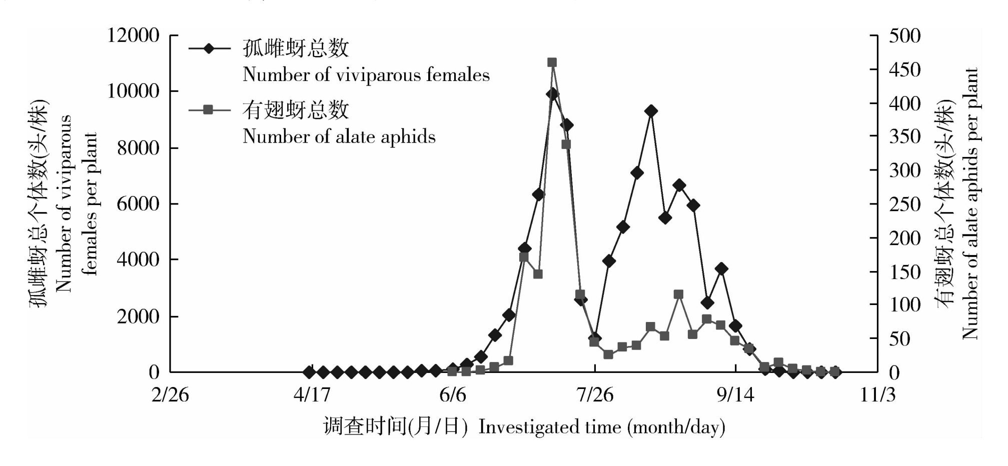


图 4　2011 年枸杞树上棉蚜种群季节动态（青海诺木洪）

Fig. 4　Seasonal fluctuation of *Aphis gossypii* populations on *Lycium barbarum* in Nuomuhong, Qinghai in 2011

2.5.5　性母蚜：9 月在枸杞树嫩枝梢和叶背面，大量产生有翅性母蚜若蚜，成蚜在枸杞田间四处扩散迁飞。

2.5.6　性蚜：9 月下旬性母蚜在枸杞叶片背面进行孤雌生殖，产生大量有翅性雄蚜若蚜和无翅性雌蚜若蚜。10 月中旬，大量有翅性雄蚜飞向或爬向树干部位与性雌蚜交配，性雌蚜多在交配第 2 天产卵于树干分叉处，少数在交配当天产卵，有翅性雄蚜交配后 1 ~3 d 后就死亡，性雌蚜寿命较长，可存活 10 ~30 d。10 月中下旬是性雌蚜产卵高峰期。

2.6　孤雌蚜发育及繁殖

孤雌蚜发育期、成虫寿命及繁殖力见表 3。研究期间（2010 –2015 年），诺木洪枸杞田间月平均气温，月最高最低气温见图 5，孤雌蚜发育期间枸杞田总的平均气温 13.16℃，总的平均最低气温 6.5℃，总的平均最高气温 21.31℃。在孤雌蚜发育期间（4 –10 月），无翅孤雌蚜若虫平均发育期略长于有翅型平均发育期。成虫寿命和 1 代蚜虫总寿命有翅型均短于无翅型，1 代无翅型孤雌蚜虫平均繁殖若虫数（若虫/雌成虫）高于有翅型的繁殖数。

2.7　天敌种类

枸杞田棉蚜的天敌有 17 种，对蚜虫有不同程度的抑制作用。常见的捕食性天敌有瓢虫类，多异瓢虫 *Hippodamia variegata*（Goeze）、七星瓢虫

表 3 枸杞棉蚜孤雌蚜的发育期、寿命及繁殖力

Table 3 Developmental duration, longevity and fecundity of *Aphis gossypii* gynoparae on *Lycium barbarum*

蚜型 Aphid type	指标 Index	若虫历期(d) Nymphal duration	成虫寿命(d) Adult longevity	1 代蚜虫总寿命(d) Entire life span of F_1 generation	繁殖力(单雌产若蚜数) Fecundity (number of nymphs produced per female)
无翅型 Apterous form	范围 Range	6 – 25	5 – 15	11 – 40	8 – 47
	平均 Average	10.22 ± 3.32	10.10 ± 1.07	20.32 ± 6.31	17.86 ± 5.66
有翅型 Winged form	范围 Range	5 – 23	2 – 13	7 – 33	10 – 35
	平均 Average	9.55 ± 2.53	8.97 ± 1.34	18.52 ± 4.51	15.33 ± 3.76

表中数据为平均值 ± 标准误。Data in the table are mean ± *SE*.

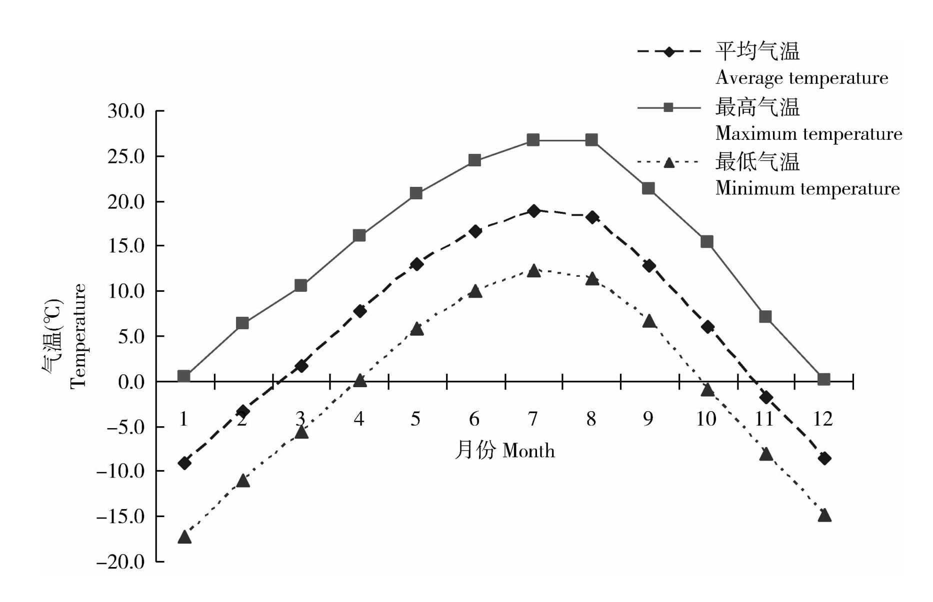


图 5 2010 – 2015 年青海诺木洪枸杞田间月平均气温、月最高和最低气温

Fig. 5 Average monthly temperature, monthly maximum and minimum temperature(℃) recorded in *Lycium barbarum* fields in Nomuhong, Qinghai during 2010 – 2015

Coccinella septempunctata L.、二星瓢虫 *Adalia bipunctata* L. 等；草蛉类主要有丽草蛉 *Chrysopa formosa* Brauer；食蚜蝇类有凹带优食蚜蝇 *Eupeodes nitens* (Zetterstedt)、大灰优食蚜蝇 *Eupeodes corollae* (Fabricius)；蜻蜓类有黄蜻 *Pantala flavescens* (Fabricius)、藏山蟌 *Mesopodagrion tibetanum* McLachlan；牧草盲蝽 *Lygus pratensis* L.。寄生性天敌有棉蚜刺蚜茧蜂 *Binodoxys communis* (Gahan)、二斑蚜茧蜂 *Aphidius urticae* Haliday 等。枸杞田棉蚜的优势天敌主要是多异瓢虫、七星瓢虫、丽草蛉和蚜茧蜂。

3 讨论

3.1 枸杞棉蚜形态

不同寄主上棉蚜存在明显的形态和生态适应力的分化(刘向东等, 2004)。我们的研究结果支持这一观点。枸杞树上的棉蚜体型与已报道的棉花型棉蚜和瓜型棉蚜在体色、个体大小、形态特征上存在差异。如体色,青海夏季的枸杞棉蚜孤雌蚜颜色较深,一般为绿色和深绿色,未出现低海拔地区棉蚜夏季常见的黄色,枸杞棉蚜的干母是深绿色,不同于棉花棉蚜的茶褐色干母, 性雌蚜也未出现灰褐色、暗红色和赤褐色(丁锦华和苏建亚, 2002),这可能与青海气候夏季较冷凉有关系,但是可能与枸杞寄主的影响更大,因为我们对宁夏、甘肃、新疆和内蒙的枸杞棉蚜调查时,体色均以绿色调为主,与青海的枸杞棉蚜体色基本一致;枸杞棉蚜的孤雌蚜包括有翅型和无翅型,在体长、体宽、头宽、触角长和腹管长等形态数量指标均大于棉花棉蚜和瓜型棉蚜,新疆棉花型棉蚜体长 1.57 mm、体宽 0.87 mm、触角长 0.89 mm(刘建等, 2003),头宽 0.31 mm、腹管长 0.18 mm(孟玲等, 1998),新疆瓜型棉蚜头宽 0.30 mm、腹管长 0.21 mm(孟玲等, 1998),南京的瓜型棉蚜

蚜体长 1.28 mm、头宽 0.29 mm、腹管长 0.18 mm，南京棉花型蚜体长 0.92 mm、头宽 0.27 mm、腹管长 0.13 mm（刘向东等，2004），而青海枸杞棉蚜无翅型孤雌蚜体长 1.67 mm、体宽 0.98 mm、头宽 0.36 mm、触角长 0.93 mm、腹管长 0.22 mm，有翅型蚜体型更大。枸杞棉蚜比印度棉花型棉蚜的个体也要大得多（Rathod and Bapodra，2006）。

枸杞棉蚜的形态像其他寄主上的棉蚜一样表现出多态性（Inaizumi and Takahashi，1989，1990；刘向东等，2004；高雪和刘向东，2008），观察到有 6 种蚜型，即孤雌蚜（有翅型和无翅型）、性母蚜、性蚜（性雄蚜和性雌蚜）和干母蚜，蚜型的形态有明显差异，可用于区别不同生活史阶段的蚜虫。6 种蚜型主要依据发生时间、体型、体色、触角/体长比值、触角节数、触角第 3 节第 4 节感觉孔数量等综合特征进行区别。干母主要出现在春季（4 月），触角 5 节、触角/体长比值≤0.60，体型卵圆形、较小；无翅孤雌蚜出现于 5－8 月，无翅，触角 6 节、触角/体长比值≤0.60、第 3 节无感觉孔，腹管长，体型较大、椭圆形，绿色至深绿色；有翅孤雌蚜出现时间为 6－9 月，体型较大、瘦长型，有翅，触角 6 节、触角/体长比值≤0.60、第 3 节感觉孔 6～9 个排成一列，腹管长；有翅性母蚜和有翅性雄蚜的触角长，触角/体长比值＞0.6，触角 6 节，均发生在秋季（9－10 月），这是区别孤雌蚜重要的特征；有翅性母蚜发生在 9 月，个体较大，有翅，最重要的识别特征是触角的次生感觉孔布满第 3 节（13～22 个）和第 4 节（8～19 个），腹部圆柱形，腹部背面各节有一长短不一致的黑褐色横带，腹管较长；有翅性雄蚜成虫出现在 10 月，体型较小，触角 6 节，有翅，识别特征，腹部形状桃形，腹部黄绿色，腹管短；无翅性雌蚜成蚜发生在 10 月，颜色最深，墨绿色或蓝绿色，体型较小、梭形，触角 5 节、触角/体长比值＜0.55、第 3 节无感觉孔，腹管短，识别特征，后足胫节略膨大（较粗短）。

枸杞棉蚜不同蚜型的若虫间在外部形状、体色及形态特征有着明显的差异。有关若蚜蚜型间的形态区别参考资料较少。赵惠燕等（1994）通过内外生殖系统特征描述了棉蚜性蚜，性母、性雄和性雌 3 种蚜型的区别特征。我们在研究过程中对 2 种易混淆的有翅性蚜（性母和性雄蚜）不能准确鉴定时，参考赵惠燕等（1994）性蚜的内部解剖特征、雄性蚜的抱握器等特征，能准确识别 2 种蚜型。Inaizumi 和 Takahashi（1990）对木槿上的有翅蚜——有翅孤雌蚜、有翅性母蚜和有翅性雄蚜 3 种蚜型的若蚜外形区别特征进行了描述，区别特征有触角形状和节数、腹管和尾片上的刚毛数、第 8 节腹部背板上刚毛的形状和数量、生殖板和生殖突上的刚毛数。在实际工作中，Inaizumi 和 Takahashi（1990）描述的有些特征不能清晰辨别，如触角形状，不同蚜型的腹管尾片上、第 8 节腹部背板上、生殖板上的刚毛形状和数量等特征因不同寄主上的棉蚜变化较大，不易掌握，所以本研究采用了若蚜发生时间、体色、体型、触角长占体长的比例（触角长/体长）、翅芽的有无和颜色等综合特征鉴别枸杞棉蚜若蚜的蚜型，这些特征比较稳定、易识别。

Inaizumi 和 Takahashi（1989）及 Inaizumi（1990）对饲养在日本婆婆纳、木槿上的棉蚜无翅型（无翅孤雌蚜、干母和性雌蚜）和有翅型（有翅孤雌蚜、性母蚜和性雄蚜）等的若虫虫龄划分进行了一系列研究，划分无翅孤雌蚜若虫虫龄采用的特征是，1 龄触角 4 节，尾片上刚毛 2 根；2－4 龄采用 2～3 个综合特征确定虫龄，体长、腹管长、尾片和肛板上刚毛数；有翅孤雌蚜若虫 2－4 龄依据翅芽的发育程度确定虫龄（Inaizumi and Takahashi，1989）。Inaizumi 和 Takahashi（1990）划分干母、孤雌蚜、性雌蚜等无翅型 4 龄若虫时还用了生殖板上和退化生殖突上刚毛数的特征。本研究中枸杞棉蚜孤雌蚜若虫虫龄划分采用的特征与 Inaizumi 和 Takahashi（1989）的略有改变，采用了触角节数、体长、头宽、触角长、腹管长等综合特征，分龄较准确且使用更方便。对枸杞各有翅蚜型若虫的虫龄划分采用了各若蚜型发生时间、翅芽发育程度以及形态指标综合特征。

青海枸杞棉蚜各蚜型若虫的 4 龄若虫（雄性蚜除外）体型均大于日本木槿上（6 种蚜型）和印度棉花上的棉蚜各龄幼虫（孤雌蚜性有翅和无翅）的体型。Inaizumi 和 Takahashi（1989）对不同温度下饲养在婆婆纳上的棉蚜孤雌蚜观察发现，在低温 15℃下的 4 龄个体体型均大于 20℃和 25℃下的个体，25℃下的个体体型最小。刘健等（2003）测定不同气候带棉蚜种群生长发育的形态指标显示，成蚜和幼蚜体型随纬度增高温度降低明显增大。我们在调查中也发现高海拔地区枸杞棉蚜的体型比低海拔地区的枸杞棉蚜（新疆）更大。棉蚜体型的变化规律符合贝格曼定律（Bergman's rule）（孙儒泳，2003）。Inaizumi 和 Takahashi（1989）还发现不同寄主上的棉蚜体型大小也有差异，饲养在木槿上的棉蚜孤雌蚜明显比饲养在婆婆纳上的各龄若虫大得多，表明棉蚜体型大小受温度、寄主等因素影响。关于枸杞棉

蚜与瓜蚜和棉花棉蚜在多种形态数量指标(体长、头宽、触角第 3 - 6 节长度、喙长度、前中后足腿节长度、腹管长度、尾片长度等)方面的差异以及引起差异原因(寄主差异、海拔高度差异),我们将另文进行详细讨论。

大多数文献仅对孤雌蚜(有翅型和无翅型)、性母蚜、性蚜(性雄蚜和性雌蚜)和干母蚜这 6 种蚜型中的一部分蚜型形态特征进行描述,特别是孤雌蚜的有翅型和无翅型的成蚜和若蚜形态特征描述较多(Inaizumi and Takahashi, 1989; 孟玲等, 1998; 刘健等, 2003; 刘向东等, 2004)。迄今,尚未见完整的 6 种蚜型成蚜组合的形态图、各蚜型若蚜各龄形态图以及相应的形态数量指标同时出现在文献中。我们经过多年数据积累,对枸杞棉蚜各蚜型的区别特征及形态特征进行了较为细致的描述,给出了枸杞棉蚜各蚜型成蚜和若蚜识别特征及虫龄划分数量指标列表,为生产上预测预报调查、害虫管理以及进一步研究枸杞棉蚜生物型提供了翔实资料,具有重要的理论意义和实际应用价值。

3.2 枸杞棉蚜生活史

生活在枸杞寄主上的棉蚜生活史与棉花型棉蚜和瓜型棉蚜生活史有差异。瓜型棉蚜和棉花型棉蚜的生活周期为两种类型,即全周期型和不全周期型,越冬寄主与夏寄主也不相同(王佩玲等, 2003),卵在花椒、木槿、石榴、鼠李、黄金树、梓树上或夏枯草、紫花地丁、苦荬菜、车前草等越冬寄主上越冬,或以孤雌蚜在温棚黄瓜、芹菜、变色木、扶桑、菊花等十几种花卉蔬菜上越冬,棉花型棉蚜的夏寄主主要是棉花,瓜蚜夏寄主有黄瓜、西瓜、西葫芦等葫芦科植物。生活在枸杞树上的棉蚜生活周期为同寄主全周期型,这可能是棉蚜长期适应枸杞植物的一种进化表现。

青海枸杞棉蚜一年发生世代数较少(10 ~ 16 代),明显少于我国瓜型棉蚜和棉花型棉蚜的世代数(北方 10 ~ 20 代、南方 20 ~ 30 代)(丁锦华和苏建亚, 2002),也少于花椒棉蚜一年 20 ~ 30 世代数(邓先明, 2008),中亚地区棉田的棉蚜一年 20 ~ 22 代(Ebert and Cartwright, 1997)。但枸杞棉蚜年世代数与巴基斯坦北部棉田棉蚜世代数(13 ~ 16 代)(Ullah, 1980)比较接近,可能与这两地的月平均气温较接近有关。棉蚜在枸杞上始发期为 4 月,发生高峰期 2 个集中在 7 - 8 月,10 月进入越冬期,而新疆棉蚜始发期为 3 月, 10 - 11 月进入越冬期(阿克旦_吾外士等, 2000),发生高峰 1 个在 5 - 6 月(李号宾, 2006; 慕彩芸等, 2010)。寄主不同发生规律有差异,可能与当地生态环境特别是温度、寄主的物候有很大的关系,新疆是低海拔地区,夏季高温不适合棉蚜的生长,而青海夏季月平均温度在 18 ~ 20℃左右,干旱少雨,特别适合棉蚜的生长,棉蚜的夏季发生高峰期与青海枸杞产量的敏感生育期——开花结果期相吻合,所以,栽培枸杞普遍受害较重。

3.3 枸杞棉蚜发育与繁殖

在青海枸杞田间,棉蚜孤雌蚜若虫期无翅型平均 10.22 ± 3.32 d,有翅型平均 9.55 ± 2.53 d;孤雌蚜繁殖后代中无翅型若蚜平均 17.86 ± 5.66 头/雌,有翅型若蚜平均 15.33 ± 3.76 头/雌。中亚地区棉田棉蚜若虫期夏季 5 ~ 7 d,冬季 9 ~ 12 d,平均繁殖力为 40 ~ 50 头若蚜/雌(Ebert and Cartwright, 1997)。青海枸杞棉蚜孤雌蚜发育期间枸杞田总的平均温度是 13.16℃,温度较低,所以,枸杞棉蚜的发育较慢、繁殖力较低。由于青海气温昼夜温差较大,成虫寿命较短(无翅型平均 10.10 ± 1.07 d,有翅型平均 8.97 ± 1.34 d)。除温度影响发育外,不同寄主植物对棉蚜的发育快慢也有影响(刘向东等, 2004),枸杞寄主对枸杞棉蚜发育速度的影响还需要进一步试验研究确定。

3.4 枸杞棉蚜天敌

青海枸杞棉蚜的优势天敌种类与其他地方的天地种类有所不同,反映了不同地域环境条件以及寄主的差异导致天敌昆虫的群落结构组成不同,优势昆虫种类不同。青海 1 高(高海拔)3 低(低气压、低氧、低温)的气候环境有利于那些适应于这类环境条件的天敌发生,所以其优势种有别于低海拔地区。

致谢 研究中得到中国科学院动物研究所乔格侠研究员(形态学鉴定),南京农业大学植物保护学院刘向东教授和马琳博士(分子生物学鉴定),以及青海省诺木洪气象站梁志勇站长(提供气象资料)等的无私帮助,在此谨致诚挚谢意!

参考文献 (References)

Acdan WWS, Wang F, Ma Q, Yao J, Li HB, 2000. Studies on outdoor overwintering laws of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover in southern Xinjiang. *Xinjiang Agric. Sci.*, (5): 215 - 218. [阿克旦・吾外士, 汪飞, 马祁, 姚举, 李浩兵, 2000. 南疆棉区棉蚜室外越冬规律研究. 新疆农业科学, (5): 215 - 218]

Aheibam R, Borad PK, Kanani MK, 2015. Bionomics of *Aphis gossypii* Glover infesting coriander. *Bioscan*, 10(1): 63 - 66.

Carletto J, Lombaert E, Chavigny P, Brévault T, Lapchin L,

Vanlerberche FM, 2009. Ecological specialization of the aphid *Aphis gossypii* Glover on cultivated host plants. *Mol. Ecol.*, 18: 2198 – 2212.

Deng XM, 2008. Biology of *Aphis gossypii* on prickly ash and its integrated pest management. *Plant Doctor*, 21(3): 31 – 32. [邓先明, 2008. 花椒蚜虫生物学特性及其综合防治. 植物医生, 21(3): 31 – 32]

Ding JH, Su JY, 2002. Agricultural Entomology. China Agriculture Press, Beijing. 242 – 246. [丁锦华, 苏建亚, 2002. 农业昆虫学. 北京: 中国农业出版社. 242 – 246]

Ebert TA, Cartwright B, 1997. Biology and ecology of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Southwest. Entomol.*, 22(1): 116 – 153.

Foottit RG, Maw HEL, Von Dohlen CD, Hebert PDN, 2008. Species identification of aphids (Insecta: Hemiptera: Aphididae) through DNA barcodes. *Mol. Ecol. Res.*, 8: 1189 – 1201.

Gao X, Liu XD, 2008. Differentiation of cotton and cucumber specialized aphids of *Aphis gossypii* Glover in capacity to produce sexuales. *Acta Entomol. Sin.*, 51(1): 40 – 45. [高雪, 刘向东, 2008. 棉花型和瓜型棉蚜产生有性世代能力的分化. 昆虫学报, 51(1): 40 – 45]

Guo R, 2012. Studies on Biological Characteristics and Ecology Population of *Aphid gosypii* Glover from Host *Lycium barbarum* L. in Qaidam. MSc Thesis, Qinghai University, Xining. 106 pp. [郭蕊, 2012. 柴达木枸杞蚜虫生物学特性及种群生态学研究. 西宁: 青海大学硕士学位论文. 106 页]

Inaizumi M, 1981. Life cycle of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera, Aphididae) with special reference to biotype differentiation on various host plants. *Kontyu Tokyo*, 49(1): 219 – 240.

Inaizumi M, 1990. Morphologies and determination of larval instars of winged morphs in *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Jpn. J. Entomol.*, 58(4): 887 – 893.

Inaizumi M, Takahashi S, 1989. Determination of instar of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Jpn. J. Entomol.*, 57(1): 231 – 240.

Inaizumi M, Takahashi S, 1990. Morphologies and determination of larval instars of wingless morphs in *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Jpn. J. Entomol.*, 58(3): 661 – 666.

Li HB, 2006. Studies on the Structure of Arthropod Community and Population Dynamics of Pest Insects in Cotton Field in Southern Xinjiang. PhD Dissertation, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing. 176 pp. [李号宾. 2006. 南疆棉田节肢动物群落结构及害虫种群动态研究. 北京: 中国农业科学院博士学位论文. 176 页]

Li JB, Fang LP, Zhang YN, Yang WJ, Guo Q, Li L, Bi CL, Yang RZ, 2007. Fitness and population dynamics of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on different cotton varieties. *Acta Entomol. Sin.*, 50(10): 1027 – 1033. [李进步, 方丽平, 张亚楠, 杨卫娟, 郭庆, 李雷, 毕彩丽, 杨荣志, 2007. 不同类型品种棉花上棉蚜适生性及种群动态. 昆虫学报, 50(10): 1027 – 1033]

Li W, Zhang S, Luo JY, Wang CY, Lv LM, Zhu XZ, Li H, Cui JJ, 2016. Identification of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) biotypes from different host plants in north China. *PLoS ONE*, 11(1): 146 – 150.

Li YJ, 2016. Study on the Population Dynamics and Its Influencing Factors of *Aphis gossypii* Glover on *Lycium barbarum* L. in Qinghai. MSc Thesis, Qinghai University, Xining. 63 pp. [李亚娟, 2016. 青海枸杞棉蚜种群动态及其影响因素的研究. 西宁: 青海大学硕士学位论文. 63 页]

Liu J, Wu KM, Zhao KJ, Guo YY, 2003. Morphological variation of growth and development in *Aphis gossypii* Glover collected from different climate zones. *Cotton Sci.*, 15(1): 13 – 16. [刘健, 吴孔明, 赵奎军, 郭予元, 2003. 不同气候带棉蚜种群生长发育的形态指标. 棉花学报, 15(1): 13 – 16]

Liu XD, Zhai BP, Zhang XX, Lu Y, 2004. Differentiation in morphometrics and ecological adaptability of cotton and cucumber biotypes of the cotton aphid, *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae). *Acta Entomol. Sin.*, 47(6): 768 – 773. [刘向东, 翟保平, 张孝羲, 陆杨, 2004. 棉花型和瓜型棉蚜形态和生态适应力的分化. 昆虫学报, 47(6): 768 – 773]

Lombaert E, Carletto J, Piotte C, Fauvergue X, Lecoq H, Vanlerberghe-Masutti F, Lapchin L, 2009. Response of the melon aphid, *Aphis gossypii*, to host plant resistance: evidence for high adaptive potential despite low genetic variability. *Entomol. Exp. Appl.*, 133: 46 – 56.

Meng L, Li BP, Dong YC, 1998. A morphometric analysis on the food-preference forms of cotton aphids from Xinjiang, China. *Entomol. Knowl.*, 35(6): 326 – 330. [孟玲, 李保平, 董应才, 1998. 新疆棉蚜食物专化型的形态测量分析. 昆虫知识, 35(6): 326 – 330]

Mu CY, Che G, Asiya WYT, Zhu XH, 2010. Population dynamics of *Aphis gossypii* and the relationship with meteorological factors in the eastern Xinjiang. *Desert Oasis Meteorol.*, 4(6): 54 – 57. [慕彩芸, 车罡, 阿斯亚·瓦依提, 朱晓华, 2010. 东疆棉蚜种群消长规律及其与气象因子的关系. 沙漠与绿洲气象, 4(6): 54 – 57]

Patil SJ, Patel BR, 2013. Biology of aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) Glover infesting Isabgol crop. *Med. Plant Res.*, 3(7): 52 – 56.

Perng JJ, 2002. Life history traits of *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) reared on four widely distributed weeds. *J. Appl. Entomol.*, 126: 97 – 100.

Qi GM, Wang FK, He HC, Hou Y, Li HF, Li YG, 2009. Analysis of meteorological condition and disasters in *Lycium* growth period in Nuomuhong. *J. Qinghai Meteorol.*, (4): 6 – 9. [祁贵明, 王发科, 贺海成, 候岳, 李海风, 李月高, 2009. 诺木洪枸杞发育气象条件及气象灾害分析. 青海气象, (4): 6 – 9]

Rathod RR, Bapodra JG, 2006. Bionomics of aphid, *Aphis gossypii* on cotton. *Indian J. Entomol.*, 68(2):113 – 116.

Satar S, Kersting U, Uygun N, 1999. Development and fecundity of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on three Malvaceae hosts. *Turk. J. Agric. For.*, 23: 637 – 643.

Satar S, Kersting U, Yokomi R, 2013. Presence of two host races of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) collected in Turkey.

Ann. Appl. Biol., 162(1): 41 -49.

Sun RY, 2003. Animal Ecology. 3rd ed. Beijing Normal University Publication House, Beijing. 50 -51. [孙儒泳, 2003. 动物生态学(第3版). 北京: 北京师范大学出版社. 50 -51]

Ullah K, 1980. Biological study of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Pakistan J. Agric. Res.*, 1(2): 135 -138.

Wang PL, Zhang JH, He FD, Li XY, Wang HY, Wang ZQ, 2003. Studies on the overwintering laws of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) and control in Shihezi. *J. Shihezi Univ. (Nat. Sci.)*, 7(1): 38 -40. [王佩玲, 张建华, 贺福德, 李小燕, 王宏跃, 王宗庆, 2003. 石河子地区棉蚜越冬规律及防治. 石河子大学学报(自然科学版), 7(1): 38 -40]

Wen LZ, 2010. Introduction to Entomology Research Methods and Techniques. Science Press, Beijing. 1 -30. [文礼章, 2010. 昆虫学研究方法与技术导论. 北京: 科学出版社. 19 -20]

Zhang GX, 1999. Fauna of Agricultural and Forestry Aphids of Northwest China. Insecta, Homoptera, Aphidinea. China Environmental Sciences Press, Beijing. 563 pp. [张广学, 1999. 西北农林蚜虫志. 昆虫纲,同翅目,蚜虫类. 北京: 中国环境科学出版社. 563页]

Zhang RZ, Zhang R, 2016. Aphids infested *Lycium chinense* Miller are *Aphis gossypii* Glover, *Myzus persicae* (Sulzer) and *A. craccivora* Koch. *Chin. J. Appl. Entomol.*, 53(1): 218 -222. [张润志, 张蓉, 2016. 宁夏危害枸杞的蚜虫种类为棉蚜、桃蚜和豆蚜. 应用昆虫学报, 53(1): 218 -222]

Zhao HY, Wang SZ, Zhang GS, Weng SH, Liu HX, 1994. Studies on the sexuality of cotton aphis. *Entomol. Knowl.*, 31(3): 145 -149. [赵惠燕, 汪世泽, 张改生, 翁松鸿, 刘惠霞, 1994. 棉蚜性蚜的研究. 昆虫知识, 31(3): 145 -149]

(责任编辑: 赵利辉)